



图片新闻

视频新闻

浙大报道

新闻

浙江大学报

公告

学术

文体新闻

交流新闻

网上办事目录 (校内)

校网导航

联系方式

意见建议

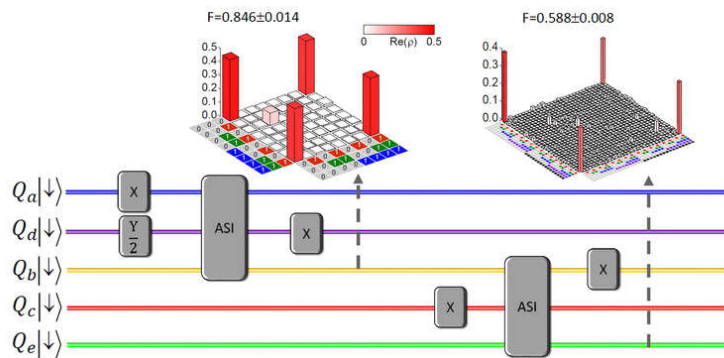
网站地图

浙大报道

浙大学者首次在人工量子系统中利用手征特性制备薛定谔猫态

编辑：汪晓勇 来源：浙大新闻办 时间：2019年01月22日 访问次数:916

近日，浙江大学物理学系和量子信息交叉研究中心王大伟研究员和王浩华教授联合国内外多个相关团队，首次在人工量子系统中合成了反对称自旋交换作用，演示了利用手征自旋态制备量子纠缠的新方法。这项研究于当地时间2019年1月21日被著名期刊《自然-物理》报道。



通过自旋手征性演化成多比特纠缠态

手征性与薛定谔的猫

说起量子力学，总是绕不过那只著名的“薛定谔猫”。盒子里有一个放射性粒子，一个毒气瓶和一只猫。粒子衰变会触发毒气瓶破裂，进而毒死猫。但在打开盒子观测之前，粒子的量子属性决定了它可处于衰变和未衰变的叠加态，因此猫也就处于了死和活的叠加态。它有趣地阐释了微观量子叠加态和宏观经典世界的区别。

当多个粒子的集体状态处于不可分解的叠加态时，量子纠缠就出现了。量子纠缠态的特征是相互纠缠的粒子之间“牵一发而动全身”，当其中一个的状态被测量确定时，其他粒子的状态也就确定了。回到薛定谔猫的实验，当测量到放射性粒子未衰变时，猫是活的；而当测量到放射性粒子衰变时，猫是死的。量子叠加和量子纠缠的发现使得人们对世界的认知发生了巨大的变革。

这个变革也关系到了“手征性”这一概念。手征性是指物体和它的镜像不能重叠。这就好比我们左右手，互为镜面对称，但上下叠放时却不重合。那么微观物体会不会像左右手一样，有左手性和右手性这样的区别呢？答案是肯定的。法国科学家巴斯德在测量光透过溶液之后偏振的改变时发现了分子的手征性。但是，量子力学被发现之后，德国理论物理学家洪特提出，由于组成分子的原子之间的相互作用没有打破宇称，分子的定态应该是左手性和右手性分子的量子叠加态。这与大量稳定手征性分子的存在相矛盾。相反，左手性分子与右手性分子的量子叠加态极其不稳定，是容易被环境噪音破坏的薛定谔猫态。这个矛盾也被称为洪特悖论。

这里提到的“宇称”，简单理解就是“左右对称”或“左右交换不变性”。李政道和杨振宁找到打破宇称的基本相互作用，即原子核里的弱相互作用。有些物理学家猜测手征性分子的存在可能来源于弱相互作用对分子基态能量的影响。然而，目前还没有实验证据证明这一猜测。在人工可控的量子系统里面合成出打破宇称的相互作用，可以帮助人们理解手征性分子的形成及手征性分子量子叠加态的退相干原理。

在人工量子系统中产生量子纠缠新模式

在这项研究中，王大伟提出在超导量子比特系统中合成反对称自旋交换作用来研究手征自旋态的量子叠加和量子纠缠。自旋是微观粒子的基本属性。电子的自旋态有两个。对于人工合成的超导量子比特来说，它的最低两个能态可以被认为是自旋的这两个态，对应于能量值0和1。这两个值在量子计算中也被看作是比特的二进制数。自旋之间的相互作用分两种，即交换自旋位置后不变的对称相互作用，和交换自旋之后变号的反对称相互作用。对称自旋交换相互作用已经在人工量子系统里实现。反对称自旋交换作用在拓扑磁激发、反常量子霍尔效应和量子自旋液体中具有重要作用，但是在人工系统中很难合成。

通过和王浩华和物理学系博士研究生宋超的讨论，王大伟发现通过周期性调制量子比特频率并对不同比特采用不同的调制相位，可以在通过腔连接在一起的比特之间合成出反对称交换相互作用。这样宇称被打破，不同手征态具有了不同的能量，自旋态的动力学演化体现出了左手性与右手性。比如，一个自旋朝下、两个自旋朝上的态011，会演化到110，再演化到101，然后回到011，即自旋状态在三个比特之间定向旋转。

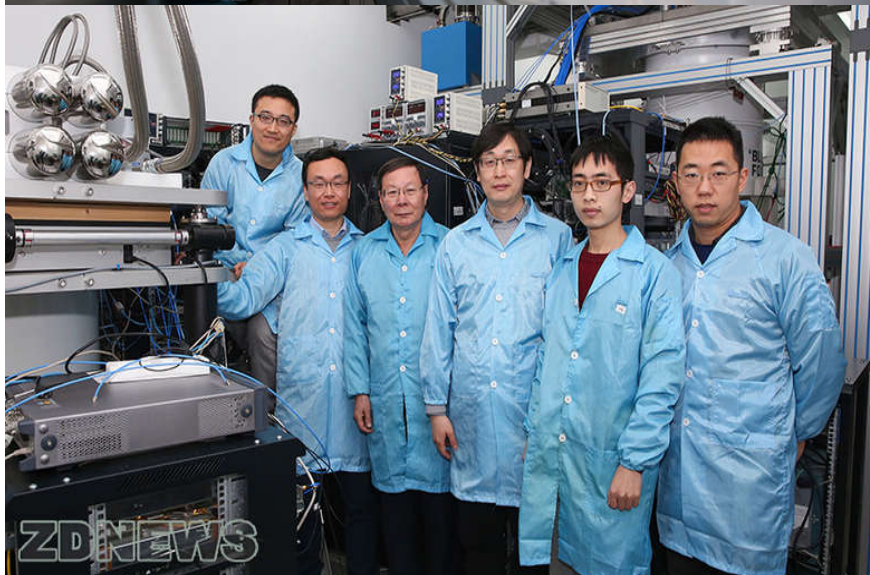
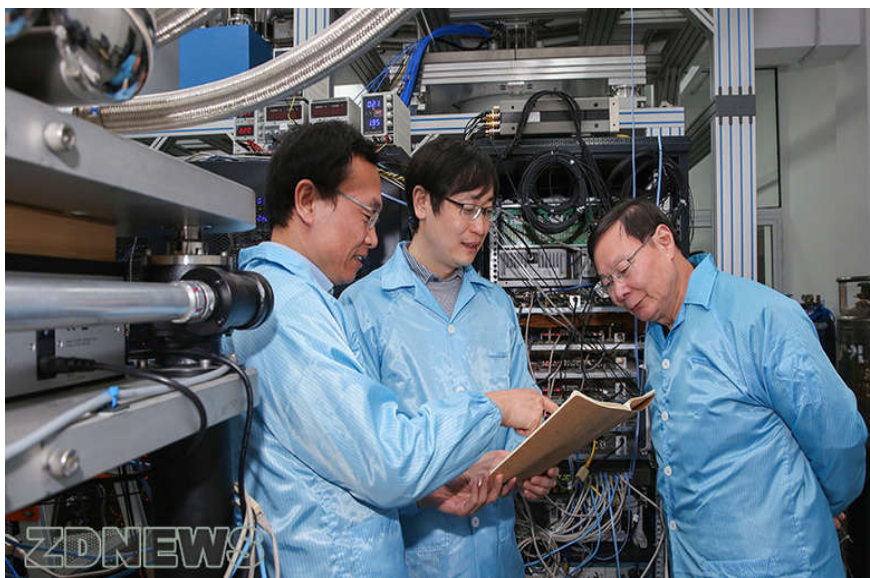
旋转的定向性即为手征性的体现。更有意思的是，与011自旋状态全相反的100态，手征性演化方向也相反，即100演化为010，然后001。王大伟介绍，这类似于两个平行世界，一个沿着时间往前走，一个往后走。

反对称自旋交换作用是如何产生量子纠缠的呢？

这就需要同时利用量子叠加和自旋的手征性演化。宋超介绍说，首先将第一个比特制备在1态，第二个比特制备在0和1的叠加态，第三个比特制备在0态。整体而言，三个比特处于100和110的叠加态。这是一个非纠缠态，即对一个比特的测量不会影响另外两个比特的状态。这两个状态手征性演化方向正好相反，会变为010和101的叠加态。随即翻转第二个比特，就得到了000和111的叠加态。

这是一个典型的纠缠态。研究人员测量其中一个比特为0，另外两个也即确定为0；如果一个比特测量为1，另外两个也确定为1。利用相同的方法，纠缠被进一步扩展到了五个比特。这一项研究的实现需要精密的操控手段。进行了大量数值模拟的物理学系博士后冯伟介绍说，因为比特具有三个能级，要消除第三个能级的影响，我们需要对众多参数进行尝试。

该成果将对研究量子磁性、提高多粒子纠缠态制备速度、利用手征自旋态进行量子计算等具有积极意义。



王大伟、王浩华和中国科学技术大学的朱晓波是这项研究工作的共同通讯作者，实验部分由宋超基于浙江大学量子信息交叉研究中心的超导多比特测控平台完成，实验器件由中科院物理研究所邓辉、李贺康和郑东宁及中国科学技术大学朱晓波等负责制备完成。其他共同作者为浙江大学的冯伟、蔡晗、徐达和朱诗尧，以及美国德州农工大学的Marlan Scully。

这一研究得到了浙大百人计划、国家重点研发计划、国家自然科学基金、中央高校基本科研专项资金、中科院重点研究计划、现代光学仪器国家重点实验室和安徽省的支持。

文章链接：<http://doi.org/10.1038/s41567-018-0400-9>

(文 柯溢能 /摄影 汪晓勇)

浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号 | 310058 | 0571-87951111 | 联系方式
©2004-2017 浙江大学 浙ICP备05074421号 | 宣传部维护

[网站地图](#) | [意见建议](#)